

# ターボ分子ポンプ

## 発明の背景

### 発明の技術分野

本発明は、高速回転するロータにより気体の排気を行うようにしたターボ分子ポンプに関する。

### 関連技術の記載

従来のターボ分子ポンプの一例を図37に示す。このターボ分子ポンプは、筒状のポンプケーシング14の内部に、ロータ（回転部）Rとステータ（固定部）Sにより翼排気部L1及び溝排気部L2が構成されている。ポンプケーシング14の下部は基部15によって覆われ、これには排気ポート15aが設けられている。ポンプケーシング14の上部には排気すべき装置や配管に接続するためのフランジ14aが設けられている。ステータSは、基部15の中央に立設された固定筒状部16と、翼排気部L1及び溝排気部L2の固定側部分とから主に構成されている。

ロータRは、固定筒状部16の内部に挿入された主軸10と、それに取り付けられた回転筒状部12とから構成されている。主軸10と固定筒状部16の間には駆動用モータ18と、その上下に上部ラジアル軸受20及び下部ラジアル軸受22が設けられている。そして、主軸10の下部には、主軸10の下端のターゲットディスク24aと、ステータS側の上下の電磁石24bを有するアキシヤル軸受24が配置されている。このような構成によって、ロータRが5軸の能動制御を受けながら高速回転するようになっている。

回転筒状部12の上部外周には、回転翼30が一体に設けられて羽根車を構成し、ポンプケーシング14の内面には、回転翼30と交互に配置される固定翼32が設けられ、これらが、高速回転する回転翼30と静止している固定翼32との相互作用によって排気を行う翼排気部L1を構成している。

さらに、翼排気部L1の下方には溝排気部L2が設けられている。すなわち、回転筒状部12には、外周面にねじ溝34aが形成されたねじ溝部34が固定筒状部16を囲むように設けられ、一方、ステータSには、このねじ溝部34の外

周を囲むねじ溝部スベサ 36 が配置されている。溝排気部 L2 は、高速回転するねじ溝部 34 のねじ溝 34a のドラッグ作用によって排気を行う。

このように翼排気部 L1 の下流側にねじ溝排気部 L2 を有することで、広い流量範囲に対応可能な広域型ターボ分子ポンプが構成されている。この例では、ねじ溝排気部 L2 のねじ溝をロータ R 側に形成した例を示しているが、ねじ溝をステータ S 側に形成することも行われている。

上記のようなターボ分子ポンプは、以下のように組み立てられる。まず、基部 15 に形成された環状凸部 15b にねじ溝部スベサ 36 の下面の段差面 36a を嵌合させて取り付ける。次に、ロータ R を所定の位置に据え、その回転翼 30 の間に通常半割の固定翼 32 を両側から組み込み、その上に上下に段差面を有するリング状の固定翼スベサ 38 を乗せる。以下、この工程を順次繰り返してロータ R を取り囲む固定翼 32 の積層構造を形成する。

最後に、上からポンプケーシング 14 を上記の積層構造の周囲に装着し、その下部のフランジ 14b をステータ S の基部 15 にボルト等で固定し、ポンプケーシング 14 の内周面上部の段差面 14c で最上段の固定翼スベサ 38 を押さえ、積層構造及びねじ溝部スベサ 36 を固定する。このような構成から分かるように、各固定翼 32 はその縁部を上下の固定翼スベサ 38 により上下から押さえられ、同様にねじ溝部スベサ 36 も最下段の固定翼 32 と固定翼スベサ 38 及び基部 15 の凸部 15b に押さえられて周方向に共回りしないように拘束されている。

なお、図示しないが、ねじ溝部スベサ 36 のステータ S の固定筒状部 16 に対する固定を確実にするため、ねじ溝部スベサ 36 をステータ S の固定筒状部 16 に強固にボルト締結することも行われている。

#### 発明の要旨

このようなターボ分子ポンプにおいて、ロータ R の偏心等による回転異常やそれに伴うロータ R 自体、特に回転筒状部 12 や回転翼 30 の破壊等が生じる場合がある。この場合、ロータ R やその破片が固定翼スベサ 38 やねじ溝部スベサ 36 と衝突してステータ S 側にも径方向や円周方向に多大な力が加わることが

ある。

このような異常な力により、固定翼 3 2 やスパーサ 3 6, 3 8 の変形のみならず、ポンプケーシング 1 4 や固定筒状部 1 6 の破損あるいはこれらの接合部の破断、あるいはこれらと外部との接続配管部の破断等を生じる可能性がある。このようなステータ S 側の破損や破断は、ターボ分子ポンプが用いられている処理装置の全体の真空を破壊し、処理装置自体や処理途中の製品への損害をもたらす他、処理ガスの外部放出を招く事故に繋がりがねない。

本発明は上記に鑑み、万一ロータ側に異常が発生した場合でも、ステータやポンプケーシングの破損とこれに伴う真空系の破壊に繋がらないような安全性の高いターボ分子ポンプを提供することを目的とする。

この発明は、ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、前記ステータ構造体と前記ケーシング部との間に少なくとも部分的な空間を形成し、前記ロータより前記ステータ構造体に異常トルクが作用したときに、該ステータ構造体から前記ケーシング部へ直接的な衝撃の伝達を阻止するようになっていることを特徴とするターボ分子ポンプである。これにより、ロータの異常等によりロータよりステータ構造体に異常トルクが伝達した時に、ステータ構造体からケーシング部へのトルク伝達を妨げ、ケーシング部自体やケーシング部と外部との接続の破壊を防止する。なお、ケーシング部とは、上記のポンプケーシング 1 4 や基部 1 5 を含むターボ分子ポンプの外被を構成する部分を意味する。

前記ステータ構造体を補強する補強部材を設けてもよい。ステータ構造体とケーシング部の間に空間を形成したことによるステータ構造体の強度の低下を補うことが望ましいからである。前記補強部材を、前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に配置された筒状部材としてもよい。また、前記補強部材を、前記ステータ構造体の構成要素どうしを結合するものとしてもよい。

前記ステータ構造体に固定翼を固定する積層構造を設け、前記補強部材を該積層構造を軸方向に挿通して配置してもよい。前記補強部材を、異常トルクによる衝撃を自ら変形しあるいは破壊することにより吸収可能な素材により形成してもよい。前記補強部材を、中空円筒状のパイプからなるようにしてもよい。

前記ステータ構造体が前記ケーシング部に対して周方向に摺動するのを促進する摺動促進構造を設けてもよい。これにより、ロータよりステータに異常トルクが伝達した時にステータ構造体を回転させ、衝撃エネルギーを吸収してケーシング部へのトルク伝達を妨げ、ケーシング部やそれと外部の接続の破壊を防止する。前記摺動促進構造を、前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に配置された低摩擦部材としてもよい。前記摺動促進構造を、前記ステータ構造体を回転可能に支持する支持機構としてもよい。

前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に衝撃吸収部材を設けてもよい。前記ステータ構造体を多重構造としてもよい。前記ステータ構造体を直接または間接的に加熱または冷却する温度調整機構を設けてもよい。

この発明の他の態様は、ケーシング部内部に、ロータとステータにより翼排気部及び／又は渦排気部が構成されたターボ分子ポンプにおいて、前記ステータの少なくとも一部に、前記ロータより前記ステータに異常トルクが作用したときに該ロータに連動して異常トルクによる衝撃を吸収する衝撃吸収構造が設けられていることを特徴とするターボ分子ポンプである。

これにより、ロータの異常等によりロータよりステータに異常トルクが伝達した時に、ロータに連動して衝撃吸収構造がロータの回転エネルギーを吸収するとともに、ケーシング部へのトルク伝達を妨げてケーシング部やそれと外部の接続の破壊を防止する。

前記衝撃吸収構造が、前記翼排気部及び／又は渦排気部を囲む内側ケーシングを有するようにしてもよい。これにより、ポンプの異常運転時において、内側ケーシングがロータの破片の飛散を防止するとともに、内側ケーシングの変形により衝撃的なエネルギーを吸収して、ケーシング部への影響を最小限に止めるように作用する。

前記内側ケーシングを、前記ケーシング部に対して隙間をもって配置してもよい。これにより、ロータの異常等によりロータよりステータに異常トルクが伝達した時に内側ケーシングがケーシング部と強く接触するのを回避して内側ケーシングの回転を容易にし、その結果ロータの回転エネルギーを吸収するとともに、内側ケーシングの変形が有ってもケーシング部へのトルク伝達を妨げ、ケーシ

グ部やそれと外部の接続の破壊を防止する。

前記内側ケーシングの内側面又は外側面の一部を前記ステータの筒状部又は前記ケーシング部に嵌合することにより固定してもよい。これにより、ロータの異常等によりロータよりステータに異常トルクが伝達した時に、その内側面又は外側面をガイドとして内側ケーシングが回転し、ロータ破壊時に生じる大きな回転トルクがケーシング部へ伝達するのを抑制することが可能となる。

前記衝撃吸収構造に、前記内側ケーシングと前記ステータ又は前記ケーシング部の間に介在する摩擦低減機構を設けてもよい。これにより、内側ケーシングの回転を容易とし、ロータ破壊時等に生じる衝撃がケーシング部へ伝達するのを防止する。

このような摩擦低減機構としては、4フッ化エチレン樹脂のような素材自体が低摩擦であるような部材の他、ボールベアリングやころベアリング等のメカニカルベアリングを用いることもできる。これにより、ロータの異常等によりステータに異常トルクが伝達しようとした時に、ロータに連動して衝撃吸収構造のベアリングが回転し、ロータの回転エネルギーを吸収してケーシング部へ大きな回転トルクが伝達するのを抑制することができる。

メカニカルベアリングの配置場所としては、ケーシング部とロータ外径部との間に大きくスペースのあるねじ溝排気部に配置することにより、ポンプを大きくすることなく衝撃吸収構造を構成することができる。また、2個以上のベアリングを使用する場合、ベアリング間の軸方向距離を大きくとることで、内側ケーシングの衝撃力に対する保持能力を高める目的で、翼排気部の吸気口近傍とねじ溝排気部の排気口近傍に配置してもよい。

前記衝撃吸収構造に、前記翼排気部及び／又は溝排気部のステータと前記内側ケーシングの間に介在する衝撃吸収部材を設けてもよい。これにより、ロータ破壊時に生じるロータの破片物が衝突することによる径方向及び周方向への衝撃力を吸収し、緩和して、内側ケーシングの変形や、内側ケーシングを保持する部分の損傷を抑制することができ、結果としてケーシング部への衝撃力伝達を減少させることができる。

衝撃吸収構造を、ロータの外側に配置される部分と内側に配置される部分とが

連結されたものとして構成してもよい。ロータが破壊した場合、ロータの破片は外方に向かって飛散するので、衝撃吸収構造の外側に配置された部分に衝突し、これを変形させて、その結果ロータ破壊時に生じる大きな衝撃力と同転トルクが軽減される。一方、衝撃吸収構造の内側に配置された部分にはほとんど衝突せず、変形が生じないので、この部分をガイドとして衝撃吸収構造全体を回転させることができ、ロータ破壊時に生じる大きな衝撃力と回転トルクがケーシング部へ伝達するのを抑制することが可能となる。

衝撃吸収構造を、翼排気部の上流側に設けてもよい。これにより、ロータの破片の飛散しにくい箇所に、衝撃吸収構造を設置することができる。この場合、翼排気部の上流側は本来はロータが不要な箇所であるが、衝撃吸収構造を設けるためにロータ自体を必要に応じて上流側に延長して形成するとよい。排気自体を過度に妨げないように、翼排気部の上流側に設ける衝撃吸収構造には、十分な通気路を確保する必要がある。

衝撃吸収構造において、ケーシング部またはステータとの間の少なくとも一部にシール部を設けてもよい。これにより、排気作用のない衝撃吸収構造部での排気側から吸気側への排気ガスの逆流を防止することができるとともにメカニカルベアリングを腐食性ガスや副生成物等から保護することができる。

前記内側ケーシング及び／又はケーシング部を良熱伝導材料で構成してもよい。二重ケーシングの場合、内側ケーシングと外側ケーシングとの間の隙間により内側ケーシング部は真空断熱状態となり、真空ポンプ内部での発熱（ロータによる気体の攪拌やモータ部の発熱）を効率的に外部に逃がすことができず、ポンプの内部で温度が上昇しポンプの排気できるガス量や圧力範囲を狭くしてしまうが、内側ケーシング及び／又はケーシング部を良熱伝導材料（アルミニウム合金や銅合金）等で構成することによりポンプ内部の放熱を有効的に行え、ポンプの運転可能範囲を広くすることができる。内側ケーシングとケーシング部の間の伝熱を良くするために、良伝熱性の伝熱部材を装着したり、内側ケーシングとケーシング部を密着させるようにしてもよい。

前記内側ケーシングを直接または間接的に加熱または冷却する温度調整機構を有するようにしてもよい。内側ケーシングにヒータや水冷配管等を取り付けること

により、局所的に昇温させたい場所や熱を奪いたい場所を任意に設定でき、特定のプロセスによるポンプ内部での副生成物の生成を抑制または阻止したり、運転可能範囲を広く設定することができる。

前記翼排気部に、固定翼を固定する積層構造の翼排気部ステータ構造体を設け、前記衝撃吸収構造に、前記翼排気部ステータ構造体を軸方向に挿通して配置され、異常トルクによる衝撃を自ら変形することにより、又は破壊されることにより吸収可能な筋部材を設けてもよい。これにより、定常的な稼動時においては装置としての剛性を維持し、ロータに異常が生じて固定翼に異常トルクが伝達した時に、ステータ構造体の剪断方向へのある程度の変形を許容し、かつ、筋部材の変形によって衝撃エネルギーを吸収してケーシング部への異常トルクの伝達を防ぎ、ケーシング部や外部との接続の破壊を防止する。

前記翼排気部ステータ構造体を多重構造としてもよい。これにより、ステータ構造体を少なくとも部分的に多重に構成することにより、その剛性を高めるとともに、衝撃吸収能力を高めることができる。

前記筋部材を、中空円筒状のパイプから構成してもよい。これにより、筋部材に要求される剛性と吸収エネルギー特性を確保しつつ軽量化を図ることができる。

前記翼排気部ステータ構造体を、前記ケーシング部に対して摩擦低減機構を介して取り付けてもよい。前記翼排気部及び／又は渦排気部のステータ部を直接または間接的に加熱または冷却する温度調整機構を設けてもよい。

この発明の他の態様においては、ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、前記ロータより前記ステータ構造体に異常トルクが作用したときに、該ステータ構造体の前記ケーシング部への拘束を解除する拘束解除構造を設けるようにしてもよい。これにより、ステータ構造体のケーシング部内での摺動が容易となり、ステータ構造体に伝達された衝撃がケーシング部に直接に伝達されることが防止され、また、そのエネルギーも摺動する過程で吸収される。

この発明の他の態様においては、ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、前記ロータより前記ステータ構造体に異常トルクが作用したとき

に、該ステータ構造体に伝達された衝撃を吸収する衝撃吸収部材を設けるようにしてもよい。これにより、ステータ構造体に伝達された衝撃がケーシング部に直接に伝達されることが防止され、また、そのエネルギーが衝撃吸収部材で吸収される。

この発明の他の態様においては、ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、前記ステータ構造体に補強部材を設けるようにしてもよい。これにより、ステータ構造体を補強して十分な強度とエネルギー吸収能力を付与することができる。

この発明の他の態様においては、ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、前記ロータより前記ステータ構造体に異常トルクが作用したときに、該ステータ構造体の前記ケーシング部に対する相対的な回転を促進する回転促進構造を設けるようにしてもよい。これにより、ステータ構造体のケーシング部内での摺動が容易となり、ステータ構造体に伝達された衝撃がケーシング部に直接に伝達されることが防止され、また、そのエネルギーも摺動する過程で吸収される。回転促進構造としては、前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に配置された低摩擦部材や、ステータ構造体を回転可能に支持する支持機構等が挙げられる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態のターボ分子ポンプの要部を示す断面図であり、

図2は、図1の最上段及び最下段にの回転翼スペーサの平面図であり、

図3は、本発明の第2の実施の形態のターボ分子ポンプの要部を示す断面図であり、

図4は、図3のA-A線断面図であり、

図5は、本発明の第3の実施の形態のターボ分子ポンプの断面図であり、

図6は、図5の固定翼スペーサを示す平面図であり、



図7は、図6のB-B線断面図であり、  
図8は、本発明の第4の実施の形態のターボ分子ポンプの断面図であり、  
図9は、図8に示す第4の実施の形態の変形例のターボ分子ポンプの断面図であり、  
図10は、図8に示す第4の実施の形態の他の変形例のターボ分子ポンプの断面図であり、  
図11は、本発明の第5の実施の形態のターボ分子ポンプの断面図であり、  
図12は、本発明の第6の実施の形態のターボ分子ポンプの断面図であり、  
図13Aは、衝撃吸収部材の一つの実施の形態を示す断面図であり、  
図13Bは、衝撃吸収部材の他の実施の形態を示す斜視図であり、  
図14は、本発明の1つの実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図15は、図14の実施の形態の変形例のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図16は、図14の実施の形態の他の変形例のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図17は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプの要部を示す断面図であり、  
図18は、図17の実施の形態の変形例のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図19は、図17の実施の形態の他の変形例のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図20は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図21は、衝撃吸収部材のさらに他の実施の形態を示す断面図及び斜視図であり、  
図22は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図23は、図22の実施の形態のターボ分子ポンプの上面図であり、  
図24は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、  
図25は、図24の実施の形態のターボ分子ポンプの上面図であり、  
図26は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、

り、

図27は、メカニカルベアリングの他の実施の形態を示す断面図であり、

図28は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、

図29は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、

図30は、図29のターボ分子ポンプの要部を拡大して示す断面図であり、

図31は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、

図32は、図31のX-X線断面図であり、

図33は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、

図34は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す断面図であり、

図35は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す部分断面図であり、

図36は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示す部分断面図であり、

図37は、従来のターボ分子ポンプを示す断面図である。

#### 好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1及び図2は、本発明の第1の実施の形態のターボ分子ポンプを示すもので、回転翼30と固定翼32とを交互に配置することによって形成された翼排気部L1と、ねじ溝部34とねじ溝部スパーサ36を有するねじ溝排気部L2とを有する全体の構成、及び固定翼32と固定翼スパーサ38及びねじ溝部スパーサ36をポンプケーシング14で押さえている構造は図37と同じであるので図示を略する。

この実施の形態では、ロータR側の異常により固定翼32に異常トルクがかかった時に、固定翼スパーサ38の一部が径方向外方に逃げるようになっている。すなわち、この実施の形態では、最上段及び最下段の固定翼スパーサ38a、38bが2つの半割状のスパーサ片40から構成されている。そして、ポンプケーシング14の内周面には、最上段及び最下段の固定翼スパーサ38a、38bの背面に対向する位置に、これらの固定翼スパーサ38a、38bの厚さよりやや大きい幅を有する周方向に延びる溝42、44が全周に亘って設けられている。

このように構成したターボ分子ポンプにおいて、正常運転時には、固定翼 3 2 又は固定翼スパーサ 3 8 に周方向あるいは径方向に大きなトルクが作用することではなく、固定翼 3 2 及び固定翼スパーサ 3 8 の積層体も互いの摩擦により拘束されてその位置を維持する。また、最上段及び最下段の固定翼スパーサ 3 8 a, 3 8 b はリング形状を保ち、他の固定翼スパーサ 3 8 と共に各固定翼 3 2 を保持する。

何らかの理由でロータ R の回転に異常が起き、あるいはロータ R が破損し、固定翼スパーサ 3 8 a, 3 8 b の双方又はいずれかに周方向及び径方向に大きな力が加わると、固定翼スパーサ 3 8 a, 3 8 b が外方に押され、半割状のスパーサ片 4 0 がそれぞれ分離して周方向溝 4 2, 4 4 の中に入り込み、他の固定翼スパーサ 3 8 もステータ S に対する軸方向の拘束が解かれて回転自在となる。これにより、固定翼 3 2 や固定翼スパーサ 3 8 がロータ R と共回りするので、ロータ R の回転エネルギーを徐々に吸収し、やがてロータ R は停止する。固定翼 3 2 や固定翼スパーサ 3 8 がポンプケーシング 1 4 に対する拘束を解かれるので、ロータ R のトルクがポンプケーシング 1 4 側に伝達されることがなくなり、ポンプケーシング 1 4 の破損や外部との接続の破断が起きることがない。

なお、上述した実施の形態においては、最上段及び最下段の固定翼スパーサ 3 8 a, 3 8 b を分割した例を示しているが、いずれか一方のみでも良く、中間に位置する固定翼スパーサ 3 8 を分割するようにしても良い。また、分割の数は、2 あるいはそれ以上でも良い。

図 3 及び図 4 は、第 2 の実施の形態のターボ分子ポンプを示すものである。この実施の形態も、異常発生時に早期に固定翼 3 2 の拘束を解くように構成している。この実施の形態では、図 4 に示すように、軸方向の最上段の固定翼 3 2 a の羽根 3 2 c の間に支えピン 4 6 が、同様に、最下段の固定翼 3 2 b の羽根の間に支えピン 4 8 が、それぞれ周方向に複数が均等な間隔で設けられている。

すなわち、この支えピン 4 6 は、段差面 1 4 c と最上段の固定翼スパーサ 3 8 c の間に「つかい棒」のように掛け渡されており、その長さは最上段の固定翼 3 2 a の厚さよりやや大きく設定されている。同様に、支えピン 4 8 は、ねじ溝部スパーサ 3 6 と最下段の固定翼スパーサ 3 8 d の間に掛け渡され、その長さは

最下段の固定翼 3 2 b の厚さよりやや大きく設定されている。従って、最上段の固定翼 3 2 a とポンプケーシング 1 4 の段差面 1 4 c 及び最下段の固定翼スペーサ 3 8 d と最下段の固定翼 3 2 b との間に隙間 T 1, T 2 が形成される。

これらの支えピン 4 6, 4 8 は、正常運転時には固定翼スペーサ 3 8 を支持するのに充分で、異常時にステータ S とロータ R の間に捻れやトルクが生じた場合には容易に破断するような強度と数に設定されている。また、隙間 T 1, T 2 の幅は、通常運転時に固定翼 3 2 a が「がたつく」ことがない程度の、例えば、50 ~ 100  $\mu$ m に設定されている。

このように構成したターボ分子ポンプにおいては、正常運転時には図 3 に示す状態を保持するが、ロータ R が破壊または異常回転して、ステータ S とロータ R の間に捻れやトルクが生じた場合には、支えピン 4 6, 4 8 が倒れるかあるいは破断する。これにより上下の隙間 T 1, T 2 が中段の積層構造に分散させられ、各固定翼 3 2 及び固定翼スペーサ 3 8 の軸方向の拘束が解除させられる。この結果、各固定翼スペーサ 3 8 は、ポンプケーシング 1 4 に対して回転自在となり、ポンプケーシング 1 4 側へ伝達されるトルクを軽減し、破損を防止することができる。なお、この例では、支えピン 4 6, 4 8 が上下に設けられているが、いずれか一方であっても良い。

図 5 乃至図 7 は、第 3 の実施の形態のターボ分子ポンプを示すもので、翼排気部 L 1 の最上段以外の固定翼スペーサ 5 0 には、図 6 及び図 7 に示すように、その周縁部に、雌ねじ 5 0 a とねじ挿通穴 5 0 b とが円周方向に沿って交互に設けられ、上方の固定翼スペーサ 5 0 のねじ挿通穴 5 0 b 内に締結部材であるボルト 5 2 を挿通して下方の固定翼スペーサ 5 0 の雌ねじ 5 0 a に螺合させることによって、各固定翼スペーサ 5 0 が順次締結されている。最下段の固定翼スペーサ 5 0 は、ねじ溝部スペーサ 5 4 の上部に螺着されている。

これらのボルト 5 2 は、ロータ R が破壊または異常回転して該スペーサ 5 0 に異常トルクが伝達された場合に破断するような強度に設定されている。このようなボルト 5 2 の強度の設定は、その太さや素材を選択する、あるいは所定箇所にノッチのような破断誘因部を形成することにより行われる。

ねじ溝排気部 L 2 のねじ溝部スペーサ 5 4 も、その下側のスリット状ねじ取付

穴55にボルト56を装着してこれをステータSの基部15に螺合させることにより固定されている。このボルト56の強度は、スペーサ54に所定のトルクが伝達された場合に破断する程度に設定されている。

また、この例では、ねじ溝部スペーサ54の下端部を支持する凸部17aの内側は角が切り欠かれており、ねじ溝部スペーサ54の下端部と接触する接触面17bの高さHが図12の場合より小さくなっている。さらに、この実施の形態では、各スペーサ50、54とステータSのポンプケーシング14との間に、摩擦係数の小さい素材から形成され、摩擦低減構造を構成する円筒状の低摩擦部材58が介装されている。

このように構成されたターボ分子ポンプでは、異常トルクが各固定翼スペーサ50やねじ溝部スペーサ54に作用すると、固定翼スペーサ50やねじ溝部スペーサ54をステータSに締結するボルト52、56が破断し、これらの拘束を解いてステータSに対して回転自在とする。これにより、ロータRの持つ回転エネルギーが吸収されるとともに、ロータRからステータSに伝達されるトルクが減少させられ、ステータSの破損等を防止する。

また、固定翼スペーサ50及びねじ溝部スペーサ54とポンプケーシング14の間に低摩擦部材58が設けられているので、ボルト52、56が破断した後に、固定翼スペーサ50及びねじ溝部スペーサ54とポンプケーシング14の間に作用する摩擦力も低減させられ、また、ねじ溝部スペーサ54と基部15の接触面も小さく設定されているので、これらによってもステータS側に伝達される力が軽減させられる。なお、最上段の固定翼スペーサ38の背部に周方向溝42が形成されているのは、第1の実施の形態と同様の意味である。

図8は、この発明の第4の実施の形態を示すもので、この実施の形態では、ポンプケーシング14が吸気側ポンプケーシング14Aと排気側ポンプケーシング14Bとに分割され、これを連結して構成されている。翼排気部L1の固定翼スペーサ50をボルト52を順次締結して固定している構造は、先の実施の形態と同様である。

一方、排気側ポンプケーシング14Bの上端には段差面60が設けられ、ねじ溝部スペーサ54にはこの段差面と係合するフランジ部54aが形成され、これ

らがボルト56により締結されて、ねじ溝部スベサ54が排気側ポンプケーシング14Bに固定されている。これらのボルト56の強度も、所定のトルクで破断する程度に設定されている。この実施の形態においても、固定翼スベサ50と吸気側ポンプケーシング14Aとの間、及び、ねじ溝部スベサ54と排気側ポンプケーシング14Bとの間にそれぞれ円筒状の低摩擦部材（摩擦低減構造）58a, 58bが介装されている。この実施の形態のターボ分子ポンプも、先の実施の形態と同様の作用効果を奏することができる。

図9は、図8の第4の実施の形態の変形例を示すものである。この例のねじ溝排気部のステータであるねじ溝部スベサ54は、先の実施の形態と同様にその上端のフランジ部54aを排気側ポンプケーシング14Bの上端の段差面60にボルト固定することにより、取り付けられている。また、ねじ溝部スベサ54と排気側ポンプケーシング14Bの間には、低摩擦部材（摩擦低減構造）58a, 58bが介装されている。先の実施の形態では、ねじ溝部スベサ54の下端はステータの基部15の内面と接触しており、ここで拘束を受けていたが、この実施の形態では、スベサ54の下端はステータの基部15の間に隙間T3が形成されており、ポンプケーシングによって拘束されていない。これは、以下のような理由による。

翼排気部L1及びねじ溝排気部L2が一体となっている形式のターボ分子ポンプにおいては、ロータRの破壊はねじ溝部の下端から起きやすい。これは、第1に、ねじ溝部34の上端が翼排気に拘束されているのに対して下端側は拘束を受けておらず、従って、高速回転による自らの質量による遠心力の作用で下方に行くに従って弾性変形量が大きくなるからである。そして、第2に、ねじ溝部の下端側は、半導体製造等に使用するプロセスガスの絶対圧力が高くなるために、腐食を受け易く、その結果として弾性変形時の応力による割れを生じやすいからである。

図8に示すように、ねじ溝部スベサ54の下端がポンプケーシング14Bに固定又は接触していると、ねじ溝部スベサ54が外周側に変形する際、前記固定又は接触部によってこの変形が拘束され、周方向に加わる力がポンプケーシングに直接伝達されてしまう。一方、この変形例では、ねじ溝部スベサ54の下

端とポンプケーシング14Bの間に隙間T3があるので、多少外方に変形してもポンプケーシングに拘束されず、低摩擦部材58bによって内部を滑りながら回転してその回転エネルギーを消失させることができる。

図10は、図8に示す前記第4の実施の形態に更に改良を加えた他の変形例を示すもので、この変形例は、ねじ溝部スベサ54の本体とフランジ部54aとの境界部分に、ノッチ状の破壊用溝部70を周方向の全長に亘って延びるように設け、それによって脆弱部72を形成している。この変形例によれば、あるしきい値以上の異常トルクがねじ溝部スベサ54に作用すると、破壊用溝部70に沿って脆弱部72がせん断破壊し、ねじ溝部スベサ54の本体がフランジ部54aから分離する。従って、ねじ溝部スベサ54は、低摩擦部材58bを介してロータRと共回りし、徐々にその回転エネルギーを消費する。

図11は、第5の実施の形態を示すもので、この実施の形態では、ポンプケーシング14が吸気側ポンプケーシング14Aと排気側ポンプケーシング14Bとに分割され、固定翼スベサ50と吸気側ポンプケーシング14Aとの間、及び、ねじ溝部スベサ54と排気側ポンプケーシング14Bとの間にボールベアリング装置（摩擦低減構造）80a, 80bが設けられている。これらのボールベアリング装置80a, 80bはそれぞれ内輪82a, 82bと外輪84a, 84bの間にボールが配置されて構成されており、この実施の形態では内輪82a, 82bの肉厚の方が外輪84a, 84bの肉厚よりも厚く、従って、剛性が高く設定されている。

この実施の形態では、ボールベアリング装置80a, 80bの内輪82a, 82bの機械的強度が大きいので、ロータR側に異常が発生して、ロータRやその破片がステータSに衝突し、ステータSに局所的に多大な力が加わっても、内輪82a, 82bの軌道面の変形を防止して、ボールベアリング装置80a, 80bが常に安定して回転する。なお、外輪84a, 84bはポンプケーシング14A, 14Bで支えられており、薄くしてもその軌道面に変形を及ぼす影響が少ない。

また、摩擦低減構造として、ボールベアリングの代わりにころベアリングを使用することもでき、この場合も内輪を外輪よりも厚くすることにより、上記と同

様な作用効果を奏することができる。

図12は、図11の実施の形態を改良した第6の実施の形態を示すもので、この実施の形態では、ねじ溝排気部L2において、ねじ溝部スペーサ54とボールベアリング装置80bの間に衝撃吸収部材（衝撃吸収構造）86が設けられている。この衝撃吸収部材86としては、比較的柔軟な金属材料、高分子素材、あるいはこれらの複合素材が用いられる。このように、ステータSとポンプケーシング14の間に衝撃吸収構造を設けることにより、ロータRからステータSに伝達された衝撃トルクがポンプケーシング14に伝達されるのを防止し、ポンプケーシング14や真空の破壊を防止することができる。また、ボールベアリング装置80bのような摩擦低減構造と衝撃吸収構造とを併用することにより、上記効果を一層高めることができる。

図13A及び図13Bに示すのは、衝撃吸収部材186の例であり、図13Aでは、比較的剛性の高いステンレス板187と比較的柔らかく衝撃吸収機能の高い鉛板188とを重ねた複合素材として構成されている。これにより、衝撃吸収機能と形状維持機能を併せ持つようにしている。図13Bでは、衝撃吸収部材186が、金属製のパイプをコイル状に巻いて構成されている。

図14は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示すものである。図14の実施の形態では、円筒状の下部内側ケーシング140と上部内側ケーシング141によって内側ケーシング（衝撃吸収構造）142が構成されており、これにより固定翼32及び固定翼スペーサ38が固定されている。

すなわち、上部内側ケーシング141は、固定翼32と固定翼スペーサ38からなる積層構造を収容し、段差面141aによって積層構造を押さえた状態で、下端を下部内側ケーシング140の上端に形成された環状突起部140aに嵌合させて固定されている。下部内側ケーシング140は、ねじ溝部スペーサとしての機能を兼ねており、回転筒状部12のねじ溝部34とともに、溝排気部L2を構成している。

この内側ケーシング142の外径は、ポンプケーシング14の内径より小さく設定され、従って、内側ケーシング142とポンプケーシング14との間に隙間Tを形成している。内側ケーシング142は、その内周面の下端部をステータS



の固定筒状部 1 4 5 に形成された円筒状の大径部 1 4 5 a の外周面に嵌合させており、この部分の嵌合のみによって固定されている。従って、固定翼 3 2 や下部内側ケーシング（ねじ溝部スベサ）1 4 0 に異常トルクが伝わった場合に、内側ケーシング 1 4 2 が共回りして衝撃を吸収し、固定側特にポンプケーシング 1 4 に衝撃を与えにくいようになっている。

このように構成したターボ分子ポンプは、フランジ 1 4 a を例えば真空処理チャンバに接続して用いられるが、何らかの理由でロータ R の回転に異常が起き、あるいはロータ R が破損すると、ロータ R が固定翼 3 2 や下部内側ケーシング 1 4 0 に接触してその回転トルクが内側ケーシング 1 4 2 に伝達される。これにより、内側ケーシング 1 4 2 に大きな力が加えられ、固定翼 3 2 の積層構造や内側ケーシング 1 4 2 が部分的に変形して衝撃を吸収する。内側ケーシング 1 4 2 とポンプケーシング 1 4 の間に隙間 T が設けられているので、内側ケーシング 1 4 2 の一部が破損又は変形しても、その衝撃がポンプケーシング 1 4 に直接に伝達されることがなく、ポンプケーシング 1 4 やそれと外部の接続の破壊が防止される。

さらに大きな衝撃が伝達されると、固定側との係合が低度であるので、内側ケーシング 1 4 2 と大径部 1 4 5 a との間の嵌合が外れ、内側ケーシング 1 4 2 は大径部 1 4 5 a をガイドとして共回りし、これによってさらに衝撃を吸収する。

尚、ここでは内側ケーシング 1 4 2 とポンプケーシング 1 4 の間に隙間 T が設けられている例を示したが、衝撃吸収をより積極的に行う観点から、内側ケーシングとポンプケーシングとの間に、図 1 3 A, 1 3 B の説明や、後述する図 2 1 の説明にあるような比較的柔軟な金属材料、高分子素材、あるいはこれらの複合素材からなる衝撃吸収部材 1 8 6 を介在させる方法も有効である。

ところで、図 1 4 の場合、内側ケーシング 1 4 2 は一重構造となっているが、ロータ破片の衝突による衝撃緩和や内側ケーシング自身の強度向上の観点から、図 1 5 のように、内側ケーシング 1 4 2 A を、図 1 4 の内側ケーシング 1 4 2 の外側にさらに筒状の第 2 の内側ケーシング 1 4 2 a を設けた多重（二重以上）構造としても良いのは言うまでもない。

図 1 6 は、図 1 4 の実施の形態の変形例のターボ分子ポンプを示すものである。

この実施の形態では、下部内側ケーシング140の内周面と、固定筒状部145の大径部145aの外周面との間に、摩擦低減構造143が介在している。この摩擦低減構造143としては、例えば、4フッ化エチレン樹脂のような素材自体が低摩擦であるような部材の他、ボールベアリングやころベアリング等の低摩擦構造を用いることもできる。

このターボ分子ポンプでは、下部内側ケーシング140と固定筒状部145の大径部145aとの間に、摩擦低減構造143が設けられているので、これらの間に作用する摩擦力も低減し、大径部145aをガイドとして下部内側ケーシング140が回転し易くなる。従って、内側ケーシング142の衝撃吸収能力が向上し、ロータR破壊時の異常な回転トルクがポンプケーシング14側へ伝達するのをさらに低減させることができる。

図17は、本発明の他の実施の形態のターボ分子ポンプを示すものである。この実施の形態では、下部内側ケーシング146が、ロータRのねじ溝部34の外側に配置された外側筒状部146Aと、ねじ溝部34の内側に配置された内側筒状部146Bとがそれらの下方で連結部146Cにより連結されて二重筒状に構成され、回転筒状部12のねじ溝部34はこれらの間を回転するようになっている。内側筒状部146Bの内周面の上部には、内側に向かう突出部148が形成されており、この突出部148の内周面がステータSの固定筒状部147の外周面147aに嵌合されることにより固定されている。

外側筒状部146Aは、ねじ溝部スパーサとしての機能を兼ねており、回転筒状部12のねじ溝部34とともに溝排気部L2を構成している。連結部146Cには、溝排気部L2から排気ポート15aに連通するための連通孔146Dが形成されている。外側筒状部146Aは、図14の実施の形態と同様に、上部内側ケーシング141と一体になって、ポンプケーシング14との間に隙間を有する内側ケーシング142を構成している。

このように構成されたターボ分子ポンプにおいては、ロータRが破壊した場合でもロータの破片は外方に向かって飛散するので、ねじ溝部34の内側の内側筒状部146Bは変形しにくく、円筒状態を保持することができる。また、内側ケーシング142を固定するための突出部148が、異常トルクを受けやすい上部

内側ケーシング141から最も遠い位置にあるために、上部内側ケーシング141が受けた衝撃が途中で吸収されて低減されて伝わるので、突出部148と固定筒状部147の外周面147aの嵌合部の形状も比較的維持される。

従って、内側筒状部146Bと外周面147aの嵌合が外れた後も、内側ケーシング142は全体としてこれらの係合面をガイドとして、外側筒状部146A、上部内側ケーシング141などとともに回転することができ、これにより、ロータR破壊時の異常な回転トルクのポンプケーシング14側への伝達を抑制することができる。

図18は、図17の実施の形態の変形例を示すもので、この変形例では、内側ケーシング142を構成する下部内側ケーシング146として、図17における内側筒状部146Bの代わりに、これより肉薄の円筒状の内側筒状部146Bが設けられて構成されており、この内側筒状部146Bの内周面とステータSの固定筒状部147の外周面147aとの間に、4フッ化エチレン樹脂等の摩擦低減部材184が装着されている。

このターボ分子ポンプでは、内側筒状部146Bと固定筒状部147との間に、摩擦低減部材184が介在しているので、これらの間に作用する摩擦力も低減され、固定筒状部147をガイドとして内側筒状部146Bが外側筒状部146A、上部内側ケーシング141などとともに回転し易くなる。その結果、ロータ破壊時等の異常な回転トルクがポンプケーシング14側へ伝達するのをさらに低減することができる。

図19は、図17の実施の形態の他の変形例を示すものである。この変形例では、内側筒状部146B等をさらに回転し易くするために、図18における摩擦低減部材184の代わりに、摩擦低減構造としてメカニカルベアリング（ボールベアリングやころベアリング等）185が用いられている。

図20は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示すものである。この実施の形態では、下部内側ケーシング150とねじ溝部スペーサ151とが別個に設けられている。すなわち、互いに嵌合して内側ケーシング152を構成する下部内側ケーシング150と上部内側ケーシング153によって固定翼32と固定翼スペーサ38の積層構造及びねじ溝部スペーサ151が固定保持さ

れている。上部内側ケーシング153には、その上端に内方に向かって突出された円環状の押え部153aが形成されている。

外側筒状部150Aおよび上部内側ケーシング153の内周面と、各固定翼スパーサ38およびねじ溝部スパーサ151の外周面との間には、比較的柔軟な金属材料、高分子素材、あるいはこれらの複合素材などからなる衝撃吸収部材186が設けられている。

下部内側ケーシングは、図19の実施の形態と同様に、外側筒状部150A及び内側筒状部150Bが、連通孔150Dを有する連結部150Cによって連結されて構成されている。内側筒状部150Bの内周面とステータSの固定筒状部147の外周面147aとの間には、摩擦低減構造（メカニカルベアリング）185が設けられている。

この実施の形態では、図19の実施の形態の作用に加えて、外側筒状部150A及び上部内側ケーシング153と、各固定翼スパーサ38及びねじ溝部スパーサ151の間にも衝撃吸収部材186が設けられているので、ロータRから各固定翼スパーサ38等に伝達された衝撃力が内側ケーシング152自体に伝達されるのが軽減される。これにより内側ケーシング152の保護機能が向上し、結果的に、上部内側ケーシング153および外側筒状部150Aとポンプケーシング14との間の隙間Tの寸法をより狭くして全体をコンパクトにすることができる。

図21は、図20の衝撃吸収部材186の他の例を示すもので、軸方向に延びる棒状のパイプ189を筒状に連ねたものを、内側ケーシング142と固定翼スパーサ38またはねじ溝部スパーサとの間に配置している。この実施の形態の衝撃吸収部材186は、パイプの製作及びターボ分子ポンプの組立が容易であるという利点を有する。衝撃吸収部材186としては、パイプに限ることなく、先述した比較的柔軟な金属材料、高分子素材、あるいはこれらの複合素材を用いて、衝撃を吸収しやすい形状（例えばハニカム構造や単なる球形状の集合体）に構成すればよい。腐食性ガス等を排気することを考慮して、素材自身に耐食性のある材料を選ぶのが良く、また表面にニッケルコーティング等の耐食性表面処理を行うことにより、より低コストで同等の効果を達成することができる。

図22及び図23は、さらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示すものである。この実施の形態では、図20の実施の形態の翼排気部の上流側すなわちターボ分子ポンプの入口に別の衝撃吸収構造154が付加されている。すなわち、主軸10が上方に延長されて延長部10aが形成されているとともに、上部内側ケーシング153の円環状の押え部154aから内方に向かって十字状に延びる断面矩形のステー部154bが形成され、さらに、これらステー部154bの中心部に、リング状の上部内側筒部154cが、微小な隙間tをもって延長部10aを囲むように形成されている。

このターボ分子ポンプでは、図20の実施の形態と同様の効果を奏するのに加えて、さらに以下のような効果を奏する。すなわち、別の衝撃吸収構造154を翼排気部L1の上流側に設けており、この位置には回転翼30や固定翼32がないので、これらの破損等に伴う衝突等の影響を受けにくい。従って、押え部154a、ステー部154b、上部内側筒部154cはその形態が維持され、主軸10の延長部10aとの摺動によって内側ケーシング152全体が主軸10を中心に回転して、その衝撃吸収機能を長時間維持することができる。

図24及び図25は、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプを示すものである。この実施の形態では、入口側の衝撃吸収構造154がロータRではなく、ステータS側に固定された軸体のまわりに摩擦低減機構を介して取り付けられている。すなわち、主軸10の上端部は短く形成されており、一方、ポンプケーシング14の内周面上端部には、ベアリング保持部材190が内側に延びて設けられている。

このベアリング保持部材190は、ポンプケーシング14に固定された環状部190aと、この環状部190aから内方に向かって十字状に延びる断面が矩形のステー部190bと、これらステー部190bの中心部に円板状に形成された円板部190cと、この円板部190cから下方に向かって延びる円柱状の軸体190dとを備えている。一方、上部内側ケーシング153の円環状の押え部154aから内方に向かって十字状に延びる四角板状のステー部154bが形成され、さらに、これらステー部154bの中心部に、円筒状の上部内側筒部154cが主軸10の上方に形成されている。軸体190dの外周面と上部内側筒部1

54cとの間には、メカニカルベアリング（摩擦低減機構）192が設けられている。

このターボ分子ポンプでは、図22の実施の形態の場合に比較して、衝撃吸収構造154が、ステータS側に固定された軸体のまわりに摩擦低減機構192を介して取り付けられているので、内側ケーシング152の回転を維持する機能をより一層効果的に維持することができる。

図26は、図20の実施の形態の変形例を示すもので、この実施の形態では、内側ケーシング152を構成する下部内側ケーシング150と上部内側ケーシング153の外径が異なるように設定されている。すなわち、下部内側ケーシング150には内側筒状部150Bを設けておらず、下部内側ケーシング150は上部内側ケーシング153より外径が小径になっている。これは、ねじ溝排気部L2の方が翼排気部L1よりロータRに負荷される応力が大きくなるので、その径寸法を翼排気部L1より小さくした方が安定になるからである。

図20の場合と同様に、上部内側ケーシング153と翼排気部L1の固定翼スペーサ38の組立体及び下部内側ケーシング150とねじ溝部スペーサ151の間に、この例ではコイル状パイプからなる衝撃吸収部材186がそれぞれ配置されている。

このように設定することにより形成された下部内側ケーシング150とポンプケーシング14の間のスペースに、上下2個のメカニカルベアリング194からなる摩擦低減構造196が設けられている。この摩擦低減構造196は、図20の固定筒状部147側に設けられたメカニカルベアリングよりも大径であり、異常発生時に内側ケーシング152の回転をより安定に維持することができる。このように、下部内側ケーシング150とポンプケーシング14の間のスペースにメカニカルベアリング194を配置することにより、ポンプを大きくすることなく衝撃吸収構造を構成することができる。

この2個のベアリング194は、ロータRが破壊した際、ラジアル方向の大きな衝撃力を受けるため、なるべく軸方向距離を大きくとって、内側ケーシング152が傾かないように保持能力を高めるのが望ましい。そのため、一方を翼排気部L1の吸気口近傍に、他方をねじ溝排気部L2の排気口近傍に配置してもよい。

また、ベアリング194を軸方向に3個以上配置してもよい。

メカニカルベアリング194の方式としては、ロータRの破壊の際、軸方向荷重が発生する可能性があるため、ラジアル荷重だけを受ける深溝ボールベアリングやころベアリングの他にアンギュラベアリングの単列または組み合わせの使用が考えられる。腐食性ガス等を排気するポンプにおいてはベアリングの耐食性を確保するためベアリング自身をステンレス鋼で製作するか、耐食性のない材料のベアリングでも表面をニッケルコーティング等の耐食表面処理を行えば良い。

尚、メカニカルベアリング194は、予め組み立ててられたものではなく、図27のようにポンプケーシング14と内側ケーシング152にベアリングの軌道面195を直接形成し、組み立て時にボール195aのみを軌道面に配置する方法もコストダウンの観点から非常に有効である。

この実施の形態では、排気ガスの排気側から吸気側への逆流防止や、衝撃吸収構造のメカニカルベアリングの保護のため、翼排気部L1の最上段の固定翼スパーサ38とポンプケーシング（外側ケーシング）14の内面に突出する押え部198との間、及び下部内側ケーシング150とステータとの間にシール部材200が設けられている。シール部材200としてはOリング状またはシート状のフッ素ゴム等が用いられる。

固定翼スパーサ38やねじ溝部スパーサ151は、内側ケーシング142、152が回転する際、ポンプケーシング14やステータSと接触し、回転を阻害する可能性があるため、ポンプケーシング14やステータSと近接・接触する部分の面積を少なくするように、スパーサ38の径方向の肉厚を極力少なくしている。また、一部に壊れやすい構造（円周スリット等）を形成し、異常トルク作用時に軸方向の機械的拘束が確実に外れるようにするのが好ましい。

上記の各実施の形態において、内側ケーシング142、152の厚さ及び内側ケーシング142、152とポンプケーシング14との隙間Tは数mm（3mm～10mm）程度が適当である。また、上部内側ケーシング141、153と下部内側ケーシング140、146、150との接続方法は、図28に示すように、下部内側ケーシング側のフランジ厚さt1を3～5mm程度と薄くして径方向外側からボルトを入れ込む構造が、ポンプの径方向寸法を小さくすると共にベアリ

ングを配置する際のベアリング間の軸方向寸法を大きくとれる為、非常に有効である。ボルトのサイズとしてはM6～M10、本数は数本から50本以下が適当である。

上記の各実施の形態において、内側ケーシング142、152、固定翼32あるいは固定翼スペーサ38にはロータRの破壊時の衝撃が印加されるため、強度が高く、伸びのあるステンレス鋼やアルミニウム合金が適している。特にコストダウンとポンプの軽量化の点ではアルミニウム合金が有効である。一方、ポンプケーシング14として比強度の高いアルミニウム合金等を使用するとポンプの軽量化を図ることができる。また、固定翼スペーサ38の形状としては固定翼スペーサ自身が衝撃力を緩和できるように、円周状の溝等を形成し、変形しやすいものとするのも有効である。

図29及び図30は、図26の実施の形態の変形例を示すもので、この実施の形態では、ねじ溝排気部L2の径寸法を翼排気部L1より小さくしたことに対応して、外側のポンプケーシング14自体も、ねじ溝排気部L2に対応する箇所の径寸法を翼排気部L1に対応する箇所より小さくしている。すなわち、ポンプケーシング14は、吸気側ポンプケーシング14Aと、その下方のより小径の排気側ポンプケーシング14Bとから構成されている。下部内側ケーシング150とねじ溝部スペーサ151の間には衝撃吸収部材186が配置されている。下部内側ケーシング150はその外周の上下2ヶ所において、メカニカルベアリング194a、194bによって支持されている。

下部内側ケーシング150の上部フランジ部には伝熱性の良い材料（アルミニウム合金、銅等）からなる伝熱部材202が組み込まれ、これは排気側ポンプケーシング14Bの上部フランジ14dに取り付けられた第2の伝熱部材204に接するように取り付けられている。一方、排気側ポンプケーシング14Bの上部フランジ14d近傍には、冷却水のための水冷配管206を設けている。これにより、翼排気部L1の下流部でロータRが排気ガスを攪拌することによって生成する発熱を、伝熱部材202、204を介して排気側ポンプケーシング14Bに伝え、発散させることができる。従って、発熱を効率よく奪うことができ、ポンプの運転可能範囲（ガス量と圧力の範囲）を広くとることができる。もし、ロー



タRに異常が生じて内側ケーシング152が回転しようとした場合でも伝熱部材202、204が2つの部材から構成されているため、回転を束縛することはなく、発生トルクを低減できる。

一方、ねじ溝部スパーサ151の下部には、排気ガスに起因する生成物を阻止するための昇温手段としてヒータ208が組み込まれている。排気ガスに起因する生成物が生じやすいねじ溝排気部のねじ溝スパーサ部を昇温するために、ヒータ208を直接取り付け、温度検知機能と組み合わせて温度を調整することにより、生成物を生じないようにすることができる。このように内側ケーシング152や周辺部品にヒータや水冷配管を取り付けたり、伝熱部材を組み込むことにより局所的に昇温させたい場所や熱を奪いたい場所を任意に設定でき、特定のプロセスによるポンプ内部での副生成物を抑制または阻止したり、運転可能範囲を広く設定することができる。

図31及び図32に示すのは、本発明のさらに他の実施の形態のターボ分子ポンプであり、翼排気部L1において固定翼スパーサ38によって構成される積層構造の翼排気部ステータ構造体244がポンプケーシング14と密着していない構造になっている点が、図37の従来のもものと異なっている。

翼排気部ステータ構造体244は、複数のリング状の固定翼スパーサ252を固定翼32を挟着した状態で積層して構成され、上下の芯出し及びズレの防止のために、周方向に延びる段差252aを有している。固定翼スパーサ252の外径は、ポンプケーシング14の内径よりも小さくなっており、これにより、翼排気部ステータ構造体244とポンプケーシングの間に、例えば数mm(3mm~10mm)程度の所定の寸法の隙間Tが形成されている。

各固定翼スパーサ252には、周方向に等間隔に貫通穴262(最上部の固定翼スパーサ252には未貫通穴264a)が形成されており、これにより、翼排気部ステータ構造体244を組み立てた時に、軸方向に延びる貫通孔263が形成されるようになっている。そして、この貫通孔263には、翼排気部ステータ構造体244のほぼ全長にわたる長さを有する、この例では中空円筒状の筋部材242が各スパーサを挿通するように装着されている。筋部材242は、中実や任意の形状であってもよいが、中空円筒状のパイプで構成することで、剛性とエ

エネルギー吸収特性を確保しつつ軽量化を図ることができる。また、この例では、筋部材 2 4 2 の外径は貫通孔 2 6 3 の内径とほぼ等しく設定しているが、それより小さくしてもよく、また、外面に溝を付けて貫通孔 2 6 3 内面と部分的に接触するようにしてもよい。

筋部材 2 4 2 は、ターボ分子ポンプの通常の稼動条件で負荷される力では変形することなく翼排気部ステータ構造体 2 4 4 の形状を維持し、かつ、ロータの異常接触による衝撃トルクが作用したときには塑性変形あるいは破断して衝撃エネルギーを吸収するものであることが望ましい。従って、筋部材 2 4 2 の素材、太さ（肉厚）、形状、本数等は、想定される衝撃の大きさに対応して決定される。素材としては、靱性が高くしかも変形しやすいステンレス鋼のようなものが好ましい。また、異なる素材を組み合わせた複合素材であってもよい。

ねじ溝排気部 L 2 は、回転筒状部 1 2 のねじ溝部 3 4 と、これを取り囲むように配置されたねじ溝部スペーサ 2 5 6 とで構成されており、ねじ溝部スペーサ 2 5 6 は、例えば比較的柔軟な金属材料、高分子素材、あるいはこれらの複合材料などからなる筒状の衝撃吸収部材 2 5 4 を介して筒状の下部内側ケーシング 2 5 0 に取り付けられている。下部内側ケーシング 2 5 0 は、上下 2 個のメカニカルベアリング（摩擦低減機構） 2 5 8 を介してポンプケーシング 1 4 に対して摺動可能に取り付けられている。

下部内側ケーシング 2 5 0 の上部には外側へ張り出すフランジ 2 5 1 が設けられ、この上面には、上述した翼排気部ステータ構造体 2 4 4 の貫通孔 2 6 3 と対応する位置に同径の凹所 2 6 4 b が設けられている。そして、貫通孔 2 6 3 の下端から突出する筋部材 2 4 2 をそれぞれの凹所 2 6 4 b に挿入することにより、翼排気部ステータ構造体 2 4 4 と下部内側ケーシング 2 5 0 が周方向の相対移動を規制されるように結合され、これにより、ポンプケーシング 1 4 とは別体のポンプ部ステータ構造体 2 6 5 が構成されている。

この 2 個のベアリング 2 5 8 は、ロータ R が破壊した際、ポンプ部ステータ構造体 2 6 5 に負荷されるラジアル方向の大きな衝撃力を受ける場合でもポンプ部ステータ構造体 2 6 5 が傾かないように、なるべく軸方向距離を大きくとることにより、衝撃力に対する保持能力を高めるのが望ましい。そのため、一方を翼排

気部L1の吸気口近傍に（つまり翼排気部ステータ構造体244の外面に）、他方をねじ溝排気部L2の排気口近傍に配置してもよい。また、ベアリング258を軸方向に3個以上配置してもよい。この例では、ねじ溝排気部L2が翼排気部よりも小径である点を利用して、ベアリング258を収容する空間を形成しているので、ポンプ全体の外径を大きくすることなく、コンパクト性を維持することができる。

メカニカルベアリング258としては、ラジアル荷重だけを受ける深溝ボールベアリングやころベアリングの他に、ロータRの破壊の際に軸方向荷重が発生する可能性があるため、軸方向荷重を受けることができるアンギュラベアリングの単列または組み合わせの使用が考えられる。腐食性ガス等を排気するポンプにおいてはベアリングの耐食性を確保するためベアリング自身をステンレス鋼で製作するか、耐食性のない材料のベアリングでも表面をニッケルコーティング等の耐食表面処理を行えば良い。

このようなポンプ部ステータ構造体265の組立は、基本的に、従来の図37の場合と同様に行われる。すなわち、下部内側ケーシング250の上面に半割の固定翼32を両側から組み込み、その上に固定翼スペーサ252を嵌合させて取り付け、その上面に回転翼30の両側から固定翼32を組み込み、その上に固定翼スペーサ252を嵌合させて取り付ける。以下、この工程を順次繰り返してロータRを取り囲む固定翼32の積層構造を形成する。そして、これをポンプケーシング14の下側から挿入し、さらに、下から基部15を取り付けることにより、ポンプ部ステータ構造体265は、ポンプケーシングの内面に突出する張出し部260と基部15の間で固定される。

この実施の形態では、排気ガスの排気側から吸気側への逆流防止や、メカニカルベアリング258の保護のため、最上段の固定翼スペーサ252とポンプケーシング14の張出し部260との間、及び下部内側ケーシング250とステータとの間にシール部材266が設けられている。このシール部材266としては、例えばOリング状またはシート状のフッ素ゴム等が用いられる。

この実施の形態において、ポンプ部ステータ構造体265を構成する翼排気部ステータ構造体244（固定翼スペーサ252と固定翼32）及び下部内側ケー

シング250には、異常時にロータRの破壊時の衝撃が印加されるため、これらの部材には強度が高く伸びのあるステンレス鋼やアルミニウム合金が適している。特に、コストダウンとポンプの軽量化の点ではアルミニウム合金が有効である。一方、ポンプケーシング14として比強度の高いアルミニウム合金等を使用するとポンプの軽量化を図ることができる。

このように構成したターボ分子ポンプは、フランジ14aを、例えば真空処理チャンバや配管に接続して用いられる。何らかの理由でロータRの回転に異常が起き、あるいはロータRが破壊すると、ロータRが固定翼32やねじ溝部スペーサ256に接触してその回転トルクが翼排気部ステータ構造体244や下部内側ケーシング250つまりポンプ部ステータ構造体265に伝達される。

この時、翼排気部L1においては、一部の固定翼スペーサ252に周方向に衝撃が負荷され、これにより筋部材242に衝撃が伝達されて筋部材242が曲げ変形し、あるいは破断する。このように、筋部材242が塑性変形し、あるいは破断することにより衝撃エネルギーを吸収し、ポンプケーシング14への衝撃伝達を防止することができる。翼排気部ステータ構造体244とポンプケーシング14の間に隙間Tが設けられているので、翼排気部ステータ構造体244が多少変形しても、その衝撃がポンプケーシング14に直接に伝達されることがない。従って、ポンプケーシング14自体やポンプケーシング14と外部との接続の破壊が防止される。

これと並行して、あるいは変形の前後に、ポンプ部ステータ構造体265がロータRの回転に伴って共回りする。すなわち、ポンプ部ステータ構造体265とポンプケーシング14との係合はシール部材266を介しての上下からの押えによってなされているだけで比較的緩く、しかも両者の間にメカニカルベアリング258が介装されているので、ポンプ部ステータ構造体265はロータRの回転に伴って共回りし、これによって更に衝撃が吸収される。この時、固定翼スペーサ252とポンプケーシング14の間に隙間Tが設けられているので、ポンプ部ステータ構造体265が共回りしても、その衝撃がポンプケーシング14に直接に伝達されることはない。なお、ねじ溝排気部L2においては、ロータRから下部内側ケーシング250へ伝達される衝撃力が衝撃吸収部材254で軽減される。

なお、ポンプ部ステータ構造体265の変形と共回りは、上記のように両方が起こる場合と、いずれか一方のみが起きる場合があり、それは、それぞれの場合の想定される衝撃の強度に応じて設定すればよい。

図33は、本発明の他の実施の形態を示すもので、この実施の形態では、固定翼スペーサ252の上下面に嵌合用の段差が設けられていない。従って、固定翼スペーサ252どうしの径方向の位置決めは、筋部材242によってのみなされており、径方向の拘束が弱くなっている。他の構成は、前記第1の実施の形態と同様である。

この実施の形態によれば、ロータRの破片が固定翼スペーサ252に衝突した時に、固定翼32が周方向だけでなく径方向にもずれ移動することができる。従って、筋部材242も、周方向と径方向に変形あるいは破断することができ、より大きな衝撃エネルギーを吸収することができる。また、高い加工精度を必要とする嵌合部をなくすことで、固定翼スペーサ252の作製が容易となり、生産性の向上を図ることができる。

図34は、本発明の他の実施の形態を示すもので、図29及び図30の実施の形態と同様に、局所的な温度制御を行って、特定のプロセスによるポンプ内部での副生成物を抑制または阻止したり、ポンプの運転可能範囲を広く設定することができるものである。

図35は、本発明のさらに他の実施の形態を示すもので、翼排気部L1の動翼の径方向寸法が排気側において小さくなっていることに対応し、ステータ構造体を排気側において二重にしたものである。この図では、ロータを支持するための磁気軸受部及び回転させるためのモータ部の詳細は省略されている。翼排気部ステータ構造体244a、244bは、外側及び内側の固定翼スペーサ252A、252Bに、それぞれ上述した筋部材242を挿通して配置することにより構成されている。内側の固定翼スペーサ252Bも、外側の固定翼スペーサ252Aと同様に、内側に固定翼32を組み込むために2つ以上の分割体から構成する必要がある。この実施の形態の組立は、内側の翼排気部ステータ構造体244bを形成した後に、これの外側に固定翼スペーサ252Aから構成される外側の翼排気部ステータ構造体244aを組み込むことにより行われる。下部内側ケーシング

グ250のフランジ上面には、外内の筋部材242a, 242bの下端をそれぞれ収容する凹所264bが形成されている。

このような構成により、翼排気部の排気側において気体を攪拌する回転翼の面積が減少するので、気体の攪拌による発熱を抑制することができる。また、翼排気部ステータ構造体244を部分的に二重に構成することにより、その剛性を高めるとともに、衝撃吸収能力をも高めている。

図36は、図35の実施の形態の変形例であり、翼排気部ステータ構造体244a, 244b間もしくは翼排気部ステータ構造体244bとポンプケーシング14の間に衝撃吸収部材254a, 254bを配置している。この図においても、ロータを支持するための磁気軸受部及び回転させるためのモータ部の詳細は省略されている。衝撃吸収部材254a, 254bとしては、異常トルクの発生時に変形してエネルギーを吸収可能な素材からなるコイル状のパイプや筒状のパイプ等が好適である。これにより、全体として衝撃吸収能力をさらに向上させることができる。なお、ポンプ部ステータ構造体265とポンプケーシング14の間に配置する衝撃吸収部材254bには、撓動性の良いものあるいはそのような表面性状を有するものが好ましい。

上記では、本発明の種々の構成を翼排気部L1とねじ溝排気部L2を有する広域型ターボ分子ポンプに適用して説明したが、ターボ分子ポンプであれば任意のものに適用することができる。つまり、それぞれの構成の趣旨に従い、本発明の構成を翼排気部L1のみあるいはねじ溝排気部L2のみを有するポンプに採用してもよく、翼排気部L1とねじ溝排気部L2の双方を有する広域型ターボ分子ポンプにおいて一方の排気部のみに本発明の構成を採用しても良いことは勿論である。また、上述したいくつかの実施の形態の構成を適宜組み合わせ用いても良いことは言うまでもない。

## 特許請求の範囲

1.     ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、

前記ステータ構造体と前記ケーシング部との間に少なくとも部分的な空間を形成し、前記ロータより前記ステータ構造体に異常トルクが作用したときに、該ステータ構造体から前記ケーシング部へ直接的な衝撃の伝達を阻止するようになっていることを特徴とするターボ分子ポンプ。

2.     前記ステータ構造体を補強する補強部材を設けたことを特徴とするクレーム 1 に記載のターボ分子ポンプ。

3.     前記補強部材は前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に配置された筒状部材であることを特徴とするクレーム 2 に記載のターボ分子ポンプ。

4.     前記補強部材は前記ステータ構造体の構成要素どうしを結合するものであることを特徴とするクレーム 2 に記載のターボ分子ポンプ。

5.     前記ステータ構造体は、翼排気部の固定翼を固定する積層構造を有することを特徴とするクレーム 4 に記載のターボ分子ポンプ。

6.     前記補強部材は、前記積層構造を軸方向に挿通して配置されていることを特徴とするクレーム 5 に記載のターボ分子ポンプ。

7.     前記ステータ構造体は、溝排気部スペーサを含むことを特徴とするクレーム 1 に記載のターボ分子ポンプ。

8.     前記補強部材は、異常トルクによる衝撃を吸収可能な素材により形成されていることを特徴とするクレーム 2 ないし 5 のいずれかに記載のターボ分子ポンプ。

9. 前記補強部材は、中空円筒状のパイプからなることを特徴とするクレーム1ないし6のいずれか記載のターボ分子ポンプ。

10. 前記ステータ構造体が前記ケーシング部に対して周方向に摺動するのを促進する摺動促進構造を設けたことを特徴とするクレーム1ないし9のいずれかに記載のターボ分子ポンプ。

11. 前記摺動促進構造は、前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に配置された低摩擦部材であることを特徴とするクレーム10に記載のターボ分子ポンプ。

12. 前記摺動促進構造は、前記ステータ構造体を回転可能に支持する支持機構であることを特徴とするクレーム10に記載のターボ分子ポンプ。

13. 前記ステータ構造体と前記ケーシング部の間に衝撃吸収部材が設けられていることを特徴とするクレーム1に記載のターボ分子ポンプ。

14. 前記ステータ構造体は、前記固定翼が多重構造であることを特徴とするクレーム1に記載のターボ分子ポンプ。

15. 前記ステータ構造体を直接または間接的に加熱または冷却する温度調整機構を有することを特徴とするクレーム1に記載のターボ分子ポンプ。

16. ケーシング部内部に、ロータとステータにより翼排気部及び／又は溝排気部が構成されたターボ分子ポンプにおいて、

前記ステータの少なくとも一部に、前記ロータより前記ステータに異常トルクが作用したときに該ロータに連動して異常トルクによる衝撃を吸収する衝撃吸収構造が設けられていることを特徴とするターボ分子ポンプ。



17. 前記衝撃吸収構造は、前記翼排気部及び／又は溝排気部を囲む内側ケーシングを有することを特徴とするクレーム16に記載のターボ分子ポンプ。

18. 前記内側ケーシングは、前記ケーシング部に対して隙間をもって配置されていることを特徴とするクレーム17に記載のターボ分子ポンプ。

19. 前記内側ケーシングの内側面又は外側面の一部が前記ステータの筒状部又は前記ケーシング部に嵌合することにより固定されていることを特徴とするクレーム17に記載のターボ分子ポンプ。

20. 前記衝撃吸収構造は、前記内側ケーシングと前記ステータ又は前記ケーシング部の間に介在する摩擦低減機構を有することを特徴とするクレーム17ないし19のいずれかに記載のターボ分子ポンプ。

21. 前記衝撃吸収構造は、前記翼排気部及び／又は溝排気部のステータと前記内側ケーシングの間に介在する衝撃吸収部材を有することを特徴とするクレーム17ないし20のいずれかに記載のターボ分子ポンプ。

22. 前記内側ケーシング及び／又はケーシング部は良熱伝導材料で構成されていることを特徴とするクレーム17に記載のターボ分子ポンプ。

23. 前記翼排気部には、固定翼を固定する積層構造の翼排気部ステータ構造体が設けられ、前記衝撃吸収構造は、前記翼排気部ステータ構造体を軸方向に挿通して配置され、異常トルクによる衝撃を吸収可能な筋部材を有することを特徴とするクレーム16に記載のターボ分子ポンプ。

24. 前記筋部材は自ら変形することにより衝撃吸収を行なうものであることを特徴とするクレーム23に記載のターボ分子ポンプ。

25. 前記変形は、弾性変形、塑性変形によるものであることを特徴とするクレーム24に記載のターボ分子ポンプ。

26. 前記変形は、破壊を伴うものであることを特徴とするクレーム25に記載のターボ分子ポンプ。

27. 前記翼排気部ステータ構造体は、多重構造であることを特徴とするクレーム23に記載のターボ分子ポンプ。

28. 前記多重構造は、前記固定翼が軸方向に沿って異なる径方向寸法を有することに対応して構成されていることを特徴とするクレーム27に記載のターボ分子ポンプ。

29. 前記筋部材は、中空円筒状のパイプからなることを特徴とするクレーム23に記載のターボ分子ポンプ。

30. 前記翼排気部ステータ構造体は前記ケーシング部に対して摩擦低減機構を介して取り付けられていることを特徴とするクレーム16に記載のターボ分子ポンプ。

31. 前記翼排気部及び／又は溝排気部のステータ部を直接または間接的に加熱または冷却する温度調整機構を有することを特徴とするクレーム16に記載のターボ分子ポンプ。

32. 前記衝撃吸収構造は、前記翼排気部及び／又は溝排気部を囲む内側ケーシングを有し、前記温度調整機構は前記内側ケーシングに設けられていることを特徴とするクレーム31に記載のターボ分子ポンプ。

## 開示の要約

ロータ側に異常が発生した場合でも、ステータやポンプケーシング等の静止構造部分の破損とこれに伴う真空系の破壊に繋がらないような安全性の高いターボ分子ポンプが提供された。

ターボ分子ポンプは、ロータと、該ロータの周囲を取り囲むステータ構造体と、該ステータ構造体を取り囲むケーシング部とを有するターボ分子ポンプにおいて、前記ステータ構造体と前記ケーシング部との間に少なくとも部分的な空間を形成しており、前記ロータより前記ステータ構造体に異常トルクが作用したときに、該ステータ構造体から前記ケーシング部へ直接的な衝撃の伝達を阻止するようになっている。